

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-175187

(P2005-175187A)

(43) 公開日 平成17年6月30日(2005.6.30)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/027
G02B 5/08
G02B 7/182
G03F 7/20
G21K 1/06

F I

H01L 21/30 531A
G02B 5/08 F
G03F 7/20 521
G21K 1/06 B
G21K 1/06 P

テーマコード (参考)

2H042
2H043
5F046

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 30 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2003-412776 (P2003-412776)

(22) 出願日 平成15年12月11日 (2003.12.11)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人 100110412

弁理士 藤元 亮輔

(72) 発明者 宮島 義一

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ

ヤノン株式会社内

Fターム(参考) 2H042 DB13 DE00

2H043 CB03

5F046 BA05 CB02 DB02 GA03 GB01

GB09

(54) 【発明の名称】 光学部材、冷却方法、冷却装置、露光装置、デバイス製造方法、及びデバイス

(57) 【要約】

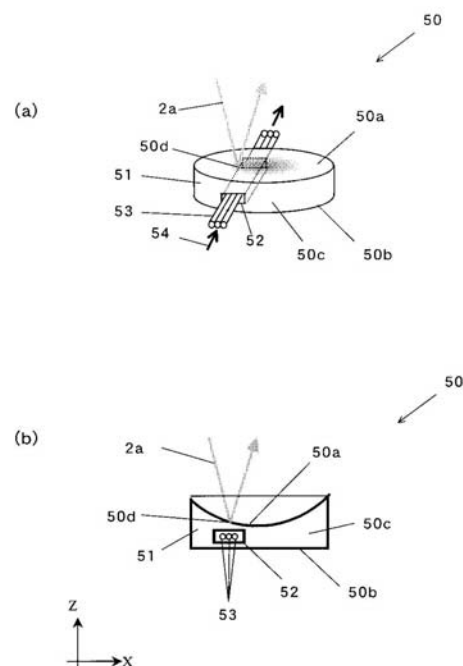
【課題】

露光精度を低下させることなく効率的かつ確実に冷却
することができ、ひいてはデバイスの品質を向上させる
ことのできる露光装置用の光学部材を提供すること。

【解決手段】

このミラー50は、照明光2aによってレチクル6A
に形成されたパターンをウエハ8Aに投影露光する露光
装置の光路中に配置されるとともに照明光2aが入射さ
れるミラー50であって、ミラー50に非接触に冷媒5
4を通過させるための貫通孔52、非貫通穴又は凹凸溝
(26、27)が、ミラー50における照明光2aの光
路を遮らないように形成されている。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置の光路中に配置されるとともに前記照明光が入射される光学部材であって、

当該光学部材に非接触に冷媒を通過させるための貫通孔、非貫通穴又は凹凸溝が形成されていることを特徴とする光学部材。

【請求項 2】

照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置の光路中に配置されるとともに前記照明光が入射される光学部材であって、

当該光学部材に非接触に冷媒を通過させるための貫通孔が形成されていることを特徴とする光学部材。 10

【請求項 3】

前記貫通孔が、前記照明光が入射される入射面に形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の光学部材。

【請求項 4】

前記貫通孔が、前記照明光が入射される入射面と該入射面の裏側に形成された背面とに挟まれた側面に形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の光学部材

【請求項 5】

前記照明光を反射する反射ミラーであることを特徴とする請求項 2 に記載の光学部材。

【請求項 6】

前記露光装置の光路が真空雰囲気とされ、当該真空雰囲気中に配置されて使用されることを特徴とする請求項 2 に記載の光学部材 20

【請求項 7】

前記照明光が、EUV 光であることを特徴とする請求項 2 に記載の光学部材。

【請求項 8】

請求項 1 から請求項 7 のうちいずれか 1 項に記載の光学部材が、前記照明光を発する照明光源部、前記照明光を前記原版に向けて導く照明光学系、又は前記原版を介した前記照明光を前記基板に向けて導く投影光学系のうち少なくともいずれか 1 に使用された露光装置。

【請求項 9】

照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置であって、
該露光装置の光路中に配置されるとともに前記照明光が入射される光学部材に非接触に冷媒を通過させるための貫通孔が、当該光学部材における前記照明光の光路を遮らないように形成されていることを特徴とする露光装置。 30

【請求項 10】

照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置の光路中に配置されるとともに前記照明光が入射される光学部材を冷却するための冷却装置であって、

前記光学部材が、貫通孔、非貫通孔又は凹凸溝内部を有しており、

前記該貫通孔、非貫通孔又は凹凸溝を介して前記光学部材を冷却するための冷却管と、

前記冷却管内部に冷媒を循環させるための循環装置とを有することを特徴とする冷却装置。 40

【請求項 11】

照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置の光路中に配置されるとともに前記照明光が入射される光学部材を冷却するための冷却装置であって、

前記光学部材に形成された貫通孔内部に貫通され、かつ当該光学部材に非接触とされた冷却管と、

前記冷却管内部に冷媒を循環させるための循環装置とを有することを特徴とする冷却装置。

【請求項 12】

前記光学部材の温度を検出する第 1 の温度検出部と、 50

前記冷媒の温度を検出する第2の温度検出部と、

前記第1の温度検出部により検出された前記光学部材の温度と前記第2の温度検出部により検出された前記冷媒の温度とに基づいて、前記冷媒の温度を調整する温度調整部とを有することを特徴とする請求項11に記載の冷却装置。

【請求項13】

光源からの光を少なくとも1つの光学素子を介して被露光体に導くことによって前記被露光体を露光する露光装置であって、
前記少なくとも1つの光学素子を冷却する、請求項10乃至12いずれかに記載の冷却装置を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項14】

請求項8、9又は13いずれかに記載の露光装置によって被処理体を投影露光する工程と、前記投影露光された被処理体に所定のプロセスを行う工程とを有するデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般には光学部材に係り、特に、半導体ウェハ用の単結晶基板、液晶ディスプレイ(LCD)用のガラス基板などの基板(被処理体)を露光する露光装置に用いられる光学部材に関する。本発明は、特に、露光光源として紫外線や極端紫外線(EUV: extreme ultraviolet)光を利用する露光装置に用いられるミラーに好適である。また、本発明は、光学部材を冷却する方法、装置、光学部材を使用した露光装置、その露光装置によるデバイス製造方法、及びデバイスにも関する。

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ(焼き付け)技術を用いて半導体メモリや論理回路などの微細な半導体素子を製造する際に、レチクル又はマスク(本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する。)に描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路パターンを転写する縮小投影露光装置が従来から使用されている。

【0003】

縮小投影露光装置で転写できる最小の寸法(解像度)は、露光に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数(NA)に反比例する。従って、波長を短くすればするほど、解像度はよくなる。このため、近年の半導体素子の微細化への要求に伴い露光光の短波長化が進められ、超高圧水銀ランプ(i線(波長約365nm))、KrFエキシマレーザー(波長約248nm)、ArFエキシマレーザー(波長約193nm)と用いられる紫外線光の波長は短くなってきた。

【0004】

しかし、半導体素子は急速に微細化しており、紫外線光を用いたリソグラフィでは限界がある。そこで、0.1μm以下の非常に微細な回路パターンを効率よく転写するために、紫外線光よりも更に波長が短い、波長10nm乃至15nm程度の極端紫外線(EUV)光を用いた縮小投影露光装置(以下、「EUV露光装置」と称する。)が開発されている。

【0005】

露光光の短波長化が進むと物質による光の吸収が非常に大きくなるので、可視光や紫外光で用いられるような光の屈折を利用した光学部材、すなわち屈折素子としてのレンズを用いることは難しく、更に、EUV光の波長領域では使用できる硝材が存在しなくなり、光の反射を利用した光学部材、すなわち反射素子としてのミラー(例えば、Mo-Si多層膜ミラー)のみで光学系を構成する反射型光学系が用いられる。

【0006】

ミラーは、露光光の全てを反射するのではなく、ミラー一面あたりの反射率は約70%であり、残り約30%の露光光はミラー基材に吸収される。ここでミラー基材とは、ミラ

10

20

30

40

50

ーを構成する主たる部材であり、一般にはガラスが多く用いられる。そのミラー基材の表面が鏡面研磨され、反射被膜が形成されて反射面としての機能を発揮する。吸収された露光光は、分熱となり図12に示すようにミラー120の露光光反射領域において10～20の温度上昇を引き起こす。そうすると、熱膨張係数のきわめて小さいミラー材料（例えば低熱膨張性ガラス）をミラー基材として使用しても、ミラー周辺部では反射面が50～100nm程度変位してしまう。

【0007】

露光装置の反射ミラーに求められる面形状精度は0.1～数nm程度であるので、上記のように反射面が大きく変位してしまうとミラー精度の補償が困難となって露光装置の光学性能が劣化し、結像性能や照度の低下、照度ムラ、集光不良等の悪影響が生じる。結果として、露光装置の露光精度やスループットの低下を招いてしまう。

10

【0008】

そこで、従来からこのミラーを冷却する提案がなされてきた（例えば特許文献1）。例えば、この特許文献1に開示のものによれば、ミラーの基材に溝部分を設け、その溝部分に内部に冷媒（例えば冷却水等）を循環させる冷却管を接触させてミラーを冷却している。

【特許文献1】特開平05-205998号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

20

しかしながら、上記特許文献1に開示のものによれば、ミラーに冷却管が接触しているので、冷却管内を冷媒が循環する際に発生する振動がミラーに伝達されてしまうという問題がある。ミラーが振動すると原版のパターンを正確に基板に投影することができず、露光精度の悪化を招き、ひいては、基板から製造されるデバイスとしての半導体素子の製造不良となってしまう。

【0010】

本発明は上記の事情に鑑みて為されたもので、露光装置に用いられる光学部材を露光精度を低下させることなく効率的かつ確実に冷却し、ひいてはデバイスの品質を向上させることのできる冷却方法及び冷却装置を提供することを例示的目的とする。また、その冷却方法に適用可能な光学部材を提供することを他の例示的目的とする。さらに、その光学部材を使用した露光装置、その露光装置によるデバイス製造方法、その方法によって製造されたデバイスを提供することを他の例示的目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記の目的を達成するために、本発明の例示的側面としての光学部材は、照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置の光路中に配置されるとともに照明光が入射される光学部材であって、光学部材に非接触に冷媒を通過させるための貫通孔、非貫通穴又は凹凸溝が形成されていることを特徴とする。

【0012】

本発明の他の側面としての光学部材は、照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置の光路中に配置されるとともに照明光が入射される光学部材であって、光学部材に非接触に冷媒を通過させるための貫通孔が形成されていることを特徴とする。

40

【0013】

かかる構成によれば、光学部材に冷媒を非接触に通過させているので、冷媒の通過に伴う振動等の悪影響が光学部材に伝達するのを防止することができる。また、光学部材に貫通孔が形成されているので、その貫通孔内部に冷媒を通過させるための冷却管を貫通させることが可能であり、効率よくかつ確実に光学部材の冷却を行うことができる。その貫通孔が光学部材における照明光の光路を遮らないように形成した場合は、冷却によって照明光に悪影響を与える虞はない。例えば、光学部材に照明光が入射する入射面や光学部材が

50

ら照明光が出射する出射面（したがって、光学部材が透過レンズの場合は入射面の裏側に形成された背面が出射面となり、反射ミラーの場合はその反射面が入射面でもあり出射面でもあることとなる。）において全面を照明光が照射する場合は少なく、現実には入射面的一部分が照明光によって照射される領域（照射領域）となる場合が多い。その照射領域外のなるべく照射領域近傍の位置に貫通孔が形成されると、照射領域を効率的に冷却することが可能となる。

【0014】

貫通孔が、照明光が入射される入射面に形成されているように構成することも可能である。入射面における照射領域が比較的小さい領域であるような場合は、その照射領域の近傍の入射面内に貫通孔を形成しその貫通孔内部に冷媒を通すことで、冷却効率は向上する。例えば、照射領域を取り囲むように複数の貫通孔を形成して冷媒を通すと、さらに冷却効率が向上する。

10

【0015】

貫通孔が、照明光が入射される入射面と入射面の裏側に形成された背面とに挟まれた側面に形成されるように構成することも可能である。入射面における照射領域が比較的大きい領域であるような場合は、入射面内に貫通孔を形成することが困難な場合もある。その場合、側面内の所定の位置から他の位置にかけて照射領域の直下又はその近傍を通るように貫通孔を形成し、その内部に冷媒を通すことにより、効率的に光学部材の冷却を行うことができる。光学部材が例えば反射ミラーの場合は、貫通孔が両者領域の直下を通過するように形成すればよいし、透過レンズの場合には、レンズ内を照明光が通過する領域の周

20

【0016】

光学部材が照明光を反射する反射ミラーである場合は、上記の効果を反射ミラーにおいて得ることができる。近年の露光装置においては、光学系に反射ミラーを用いることが多くなってきており、その反射ミラーを効率的に冷却することによって露光装置の露光精度やスループットを向上させることができる。

【0017】

露光装置の光路が真空雰囲気とされ、この光学部材が真空雰囲気中に配置されて使用される場合は、さらに光学部材の冷却を効果的に行うことができる。真空雰囲気中では照明光の吸収によって光学部材上で発生した熱が、熱伝達によって雰囲気中に排熱されることが殆どなく滞留し、その昇温は顕著となる。しかしこの光学部材には冷媒を通すための貫通孔が形成されているので、効率的に光学部材の冷却を行うことができ、真空雰囲気中で使用されても昇温による弊害を防止することが可能となる。

30

【0018】

照明光が、EUV光である場合は、さらに光学部材の冷却を効果的に行うことができる。EUV光を用いた露光装置においては、光学部材における照明光の吸収が大きくなり、その昇温は顕著となる。しかしこの光学部材には冷媒を通すための貫通孔が形成されているので、効率的に光学部材の冷却を行うことができ、EUV照明光を用いた場合でも昇温による弊害を防止することが可能となる。

【0019】

本発明の他の側面としての露光装置は、上記いずれかに記載の光学部材が、照明光を発生する照明光源部、照明光を原版に向けて導く照明光学系、又は原版を介した照明光を基板に向けて導く投影光学系のうち少なくともいずれか1に使用されたことを特徴とする。

40

【0020】

かかる構成によれば、照明光源部、照明光学系、又は投影光学系のうち少なくともいずれかに使用される光学部材を効率的に冷却することができるので、露光装置の露光精度やスループットを向上させることができる。

【0021】

本発明の他の側面としての露光装置は、照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置であって、露光装置の光路中に配置されるとともに照明光が入

50

射される光学部材に非接触に冷媒を通過させるための貫通孔が、光学部材における照明光の光路を遮らないように形成されていることを特徴とする。

【0022】

かかる構成によれば、光学部材に冷媒を非接触に通過させているので、冷媒の通過に伴う振動等の悪影響が光学部材に伝達するのを防止することができる。また、光学部材に貫通孔が形成されているので、その貫通孔内部に冷媒を通過させるための冷却管を貫通させることが可能であり、効率よくかつ確実に光学部材の冷却を行うことができる。その貫通孔が光学部材における照明光の光路を遮らないように形成されているので、冷却によって照明光に悪影響を与える虞はない。例えば、光学部材に照明光が入射する入射面や光学部材から照明光が出射する出射面（したがって、光学部材が透過レンズの場合は入射面の裏側に形成された背面が出射面となり、反射ミラーの場合はその反射面が入射面でもあり出射面でもあることとなる。）において全面を照明光が照射する場合は少なく、現実には入射面的一部分が照明光によって照射される領域（照射領域）となる場合が多い。その照射領域外のなるべく照射領域近傍の位置に貫通孔が形成されると、照射領域を効率的に冷却することが可能となる。

10

【0023】

本発明の他の側面としての冷却装置は、照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置の光路中に配置されるとともに照明光が入射される光学部材を冷却するための冷却装置であって、光学部材が、貫通孔、非貫通孔又は凹凸溝内部を有しており、貫通孔、非貫通孔又は凹凸溝を介して光学部材を冷却するための冷却管と、冷却管内部に冷媒を循環させるための循環装置とを有することを特徴とする。

20

【0024】

本発明の他の側面としての冷却装置は、照明光によって原版に形成されたパターンを基板に投影露光する露光装置の光路中に配置されるとともに照明光が入射される光学部材を冷却するための冷却装置であって、光学部材に形成された貫通孔内部に貫通され、かつ当光学部材に非接触とされた冷却管と、冷却管内部に冷媒を循環させるための循環装置とを有することを特徴とする。光学部材の温度を検出する第1の温度検出部と、冷媒の温度を検出する第2の温度検出部と、第1の温度検出部により検出された光学部材の温度と第2の温度検出部により検出された冷媒の温度とに基づいて、冷媒の温度を調整する温度調整部とを有するように構成していてももちろんよい。

30

【0025】

本発明の他の側面としての露光装置は、光源からの光を少なくとも1つの光学素子を介して被露光体に導くことによって被露光体を露光する露光装置であって、少なくとも1つの光学素子を冷却する上記のいずれかの冷却装置を備えることを特徴とする。

【0026】

本発明の他の側面としてのデバイスの製造方法は、上記いずれかの露光装置によって被処理体を投影露光する工程と、投影露光された被処理体に所定のプロセスを行う工程とを有することを特徴とする。

【0027】

かかる製造方法によれば、露光装置の露光精度やスループットが向上しているので、高精度で高性能なデバイスを高速に製造することが可能である。

40

【0028】

本発明の他の目的及び更なる特徴は、以下、添付図面を参照して説明される実施形態により明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、冷媒循環の振動等により露光精度を低下させることなく露光装置に用いられる光学部材を効率的かつ確実に冷却することができる。それにより光学部品の面精度を向上させることができ、照度低下・照度ムラ・集光不良等を防止して露光精度及びスループットを向上させることができ、ひいては露光装置によって製造される被処理体及び

50

デバイスの品質を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0030】

本発明の実施の形態に係る反射ミラー（光学部材）、及びその冷却装置について図面に基づいて説明する。図1は、この反射ミラーが使用される露光装置100の内部構成を示す概略構成図である。この露光装置100は、原版としてのレチクル6Aのパターンを基板としてのウエハ8Aに露光投影するためのものである。ウエハ8Aは被処理体であって、パターンが露光投影された後にエッチングや切断等の処理がなされる。それにより、ウエハ8Aからデバイスとしての半導体素子が製造される。

【0031】

この図1において、符号1は照明光源部の一部としての励起レーザーである。励起レーザー1は、光源の発光点となる光源材料をガス化、液化、噴霧ガス化させたポイントに向けて照射して、光源材料原子をプラズマ励起することにより発光させる為の励起レーザーで、YAG固体レーザー等が用いられる。

【0032】

符号2は照明光源部の一部としての光源発光部である。この光源発光部2の内部は真空中に維持されるように構成されている。光源発光部2の内部構成を図2(a)、(b)に示す。発光点2Aは実際の照明光源の発光ポイントであり、この発光点2Aより照明光2aが発せられるようになっている。この照明光2aは、例えばEUV光である。この光源発光部2内部には、半球状の光源ミラー2Bが配置されている。光源ミラー2Bは、発光点2Aによって発せられた全球面光としての照明光2aを発光方向に揃えて集光反射するために、発光点2Aがその曲率半径の中心となるように発光方向の反対側（本図においては励起レーザー1側）に配置されている。

【0033】

この光源発光部2Aには、キセノン(Xe)2Cが液化されて、噴霧状に、又はガス状に供給される。キセノン2Cは、発光元素として利用され、発光点2Aに向けてノズル2Dにより供給されるようになっている。

【0034】

符号3は、露光装置100の照明光学系5及び投影光学系7を格納するチャンバーである。チャンバー3内は、真空ポンプ4により真空状態を維持することが可能とされている。

【0035】

符号5は、光源発光部2からの照明光2aをレチクルステージ6に保持された原版としてのレチクル6Aに向けて導くための照明光学系である。照明光学系5は、ミラー（反射ミラー）5a～5dを有して構成され、照明光2aを均質化し整形してレチクル6Aへと導く。

【0036】

レチクルステージ6はパターンが形成された原版としてのレチクル6Aを保持し、移動させる機能を有している。例えば本実施の形態においては、露光装置100はステップ・アンド・スキャン方式の露光装置とされているので、レチクルステージ6の可動部にレチクル6Aが保持され、ウエハと同期して移動されてスキャンが行われる。

【0037】

符号7は、レチクル6Aに照射され、反射された照明光2aを露光対象としてのウエハ（基板）8Aに向けて導くための投影光学系である。投影光学系7は、ミラー7a～7eを有して構成されており、レチクル6Aのパターンをミラー7a～7dで順次反射しながら所定の倍率で縮小しつつウエハ8A表面に向けて導く。

【0038】

そのウエハ8AはSi基板で形成され、ウエハステージ8に保持されている。ウエハステージ8は、ウエハ8Aを所定の露光位置に位置決めし、またレチクル6Aと同期させつつウエハ8Aを移動させるために、6軸（XYZ軸方向の移動、XY軸回りのチルト、Z

10

20

30

40

50

軸回りの回転)駆動が可能とされている。

【0039】

符号9は、レチクルステージ支持体であり、レチクルステージ6を露光装置100の設置床に対して支持するためのものである。符号10は、投影系本体であり、投影光学系7を露光装置100の接地床に対して支持するためのものである。符号11はウエハステージ支持体であり、ウエハステージ8を露光装置100の設置床に対して支持するためのものである。

【0040】

以上のレチクルステージ支持体9、投影系本体10、ウエハステージ支持体11により各々分離独立して支持されたレチクルステージ6、投影光学系7、ウエハステージ8では、図示しない位置計測手段によってそれぞれの位置計測が行われ、レチクルステージ6と投影光学系7との相体位置及び投影光学系7とウエハステージ8との相体位置が位置計測結果に基づいて図示しない制御手段により制御されるようになっている。また、レチクルステージ支持体9と投影系本体10とウエハステージ支持体11とには、露光装置100設置床からの振動を絶縁するマウント(不図示)が設けられている。

10

【0041】

符号12は、露光装置100のチャンバー3内部にレチクル6Aを保管するためのレチクルストッカーである。レチクルストッカー12は密閉容器とされていて、その内部には異なるパターンや異なる露光条件に応じて形成された複数のレチクル6Aが保管されている。また、符号13は、使用するレチクル6Aをレチクルストッカー12から選択して搬送するレチクルチェンジャーである。

20

【0042】

符号14は、XYZ軸方向に移動可能でかつZ軸回りに回転可能な回転ハンドを有するレチクルアライメントユニットである。レチクルアライメントユニット14は、レチクルチェンジャー13からレチクル6Aを受け取ると、回転ハンドを180°回転させてレチクルステージ6の端部に設けられたレチクルアライメントスコープ15の視野内へとレチクル6Aを搬送する。そして、投影光学系7の基準として設けられたアライメントマーク15Aに対してレチクル6AをXYZ軸方向に微動させ、レチクル6Aのアライメントが行われる。なお、アライメント完了後のレチクル6Aは、レチクルステージ6によって保持される。

30

【0043】

符号16は、露光装置100のチャンバー3内部にウエハ8Aを保管するためのウエハストッカーである。ウエハストッカー16内部には未露光のウエハ8Aが複数保管されている。そのウエハストッカー16からウエハ搬送ロボット17によって露光処理するウエハ8Aが選択され、ウエハメカブリアライメント温調機18へと搬送されるように構成されている。

【0044】

ウエハブリアライメント温調機18では、ウエハ8Aの回転方向の送り込み粗調整が行われるとともにウエハ8Aの温度が露光装置100内部の温調温度に合わせ込まれる。チャンバー3内部は隔壁3aによって仕切られ、照明光学系5や投影光学系7が設置される露光空間3Aとウエハストッカー16、ウエハブリアライメント温調機18、ウエハ送り込みハンド19が設置されるウエハ用空間3Bとに分離されている。

40

【0045】

符号19は、ウエハ送り込みハンドである。このウエハ送り込みハンド18は、ウエハメカブリアライメント温調機18にてアライメント及び温調が完了したウエハ8Aをウエハステージ8へと送り込む機能を有している。

【0046】

符号20, 21, 22は、ゲートバルブである。ゲートバルブ20, 21はチャンバー3の壁面に設けられ、それぞれレチクル6A、ウエハ8Aをチャンバー3外部からチャンバー3内部へと挿入する際にチャンバー3のゲートを開閉する開閉機構として機能する。

50

ゲートバルブ 22 は隔壁 3a に設けられ、ウエハ送り込みハンド 19 によってアライメント及び温調後のウエハ 8A がウエハプリアライメント温調機 18 からウエハステージ 8 へと搬送される際に隔壁 3a のゲートを開閉する開閉機構として機能する。このように、露光空間 3A とウエハ用空間 3B とを隔壁 3a で分離し、ゲート 22 によって開閉することにより、ウエハ 8A がチャンバー 3 外部からチャンバー 3 内部へと搬入される際に一時的に大気開放される容積を最小限にして、速やかに真空平衡状態にすることを可能にしている。

【0047】

投影光学系 7 に使用されるミラー 7a ~ 7e は、その鏡面（反射面）に Mo - Si の多層膜が蒸着あるいはスパッタにより形成されている。それぞれのミラーの反射面では、照明光 2a の反射の際にその約 70 % が反射されるが、残りの約 30 % はミラー基材に吸収されて熱に変換される。したがって、ミラーの冷却を行わなければ、照明光 2a を反射する領域（照射領域）においては 10 ~ 20 程度も温度が上昇し、結果として基材に熱膨張係数の極めて小さいミラー材料を使用してもミラー周辺部では反射面の変位が 50 ~ 100 nm 程度発生してしまうこととなる。そうすると、0.1 nm ~ 数 nm と極めて厳しいミラー面形状精度が要求される投影光学系 7 のミラー及び照明光学系 5 のミラー及び光源ミラー 2B の精度を保証できない。

【0048】

このようにミラー面精度が悪化すると、投影光学系 7 の場合はウエハ 8A への結像性能の悪化及び照度低下を招き、照明光学系 5 の場合はマスク 6A への目標照度低下及び照度ムラ悪化を招き、光源ミラー 2B の場合は照明光 2a の集光不良等照度悪化を招く結果となる。

【0049】

本実施の形態においては、上記ミラー発熱の問題を解決する為に、以下のようなミラー冷却について説明する。なお、ミラーの形状は各部位で異なる為、本実施の形態においては円筒凹面ミラーを代表例として示す。また、本実施の形態においては、すべて光学部材として反射ミラーを用いて説明するが、もちろん光学部材が透過レンズの場合であっても、本発明の要旨は適用可能である。

【0050】

[実施の形態 1]

本発明の実施の形態 1 に係るミラー及びその冷却方法について、図 3 ~ 図 5 を用いて説明する。このミラー 50 は、光源ミラー 2B としても、照明光学系 7 のミラー 5a ~ 5d や投影光学系 10 のミラー 7a ~ 7e としても適用可能である。このミラー 50 の基材 51 に貫通孔 52 が形成されている。この実施の形態 1 においては、貫通孔 52 は側面 50c に形成されている。すなわち、照明光 2a が反射する反射面 50a（入出射面である。）とその反射面 50a の裏側に形成された背面 50b とに挟まれた円筒状の周囲面を側面 50c とした場合に、この貫通孔 52 の出入口は側面 50c に形成されている。

【0051】

この貫通孔 52 は、照明光 2a の光路を遮らないように形成されている。例えば、本実施の形態 1 においては、貫通孔 52 は反射面 50a における照明光 2a の反射点 50d を避け、その出入口が側面 50c に形成されている。したがって、貫通孔 52 の形成が照明光 2a の光路に悪影響を与えることはない。

【0052】

貫通孔 52 には、冷却管 53 が貫通されている。この冷却管 53 内部には、ミラー 50 を冷却するための冷媒 54 が循環されている。冷媒 54 は、例えば液体状の冷却水・冷却液であってもよいし、気体状の冷媒ガスを用いてもよい。冷却管 53 は、図 3（b）に示すようにミラー 50 に非接触とされている。したがって、冷却管 53 内を冷媒 54 が循環する際の振動等の悪影響がミラー 50 に伝達することはない。

【0053】

図 4 は、このミラー 50 を冷却する冷却装置の概略構成を示すブロック図である。この

10

20

30

40

50

冷却装置 60 は、冷却管 53、循環器 61、第 1 の温度検出部としてのミラー温度計 62、第 2 の温度検出部としての冷媒温度計 63、冷媒 54 の温度を制御する温度調整部 64 を有して大略構成されている。また、温度調整部 64 には、露光装置 100 の制御部 101 が接続され、露光装置 100 の露光制御情報、光量制御情報を受け取ることができるように構成されている。循環器 61 及び温度調整部 64 は、冷却管 53 と接続されている。

【0054】

循環器 61 は、冷却管 53 内の冷媒 54 を循環させるための機能を有し、例えば循環ポンプ等で構成される。この循環器 61 は後述する温度調整部 64 と一体的に構成されていてもよい。温度調整部 64 によって温度調整され冷却された冷媒 54 がこの循環器 61 によって次々とミラー 50 の貫通孔 52 内に配置された冷却管 53 へと送られ、ミラー 50 の熱によって加熱された冷媒 54 が次々と温度調整部 64 へと送られる。それにより、常にミラー 50 の温度を一定範囲内に制御することが可能とされている。

10

【0055】

ミラー温度計 62 は、ミラー 50 の温度を計測する機能を有する。このミラー温度計 62 は、接触タイプのものであっても非接触タイプのものであってもよい。冷媒温度計 63 は、冷媒 54 の温度を計測する機能を有する。これらの温度計については公知のものが適用可能であるので詳細な説明は省略する。

【0056】

温度調整部 64 は、冷媒 54 の温度を調整する機能を有する。すなわち、ミラー温度計 62 により計測されたミラー温度と冷媒温度計 63 により計測された冷媒温度とを比較し、ミラー温度が所望の温度範囲となっているか否かを判断し、その判断結果に応じて冷媒 54 の温度を調整するものである。制御目標としての所望の温度範囲は、制御部 101 からの露光制御情報、光量制御情報に基づいて決定される。

20

【0057】

このようにミラー 50 及び冷却装置 60 を構成したうえで、冷却管 53 内の冷媒 54 を循環器 61 によって循環させ、ミラー 50 を冷却した場合の反射面 50a の温度分布を図 5 に示す。照明光 2a に照明される領域であって最も発熱の大きい部分である反射点 50d は、この冷却装置 60 が無い場合は 10 ~ 20 程度温度上昇する。しかし、ミラー 50 にこの冷却装置 60 を適用して冷却した場合は、図に示すように反射点 50d の温度上昇を 1 ~ 4 程度に低減することができる。したがって、反射点 50d における温度上昇によるミラー反射面 50a の変位量を 2 nm 以下に低減することができる。

30

【0058】

なお、図 3 (b) に示すように、このミラー 50 においては貫通孔 52 は反射面 50a への悪影響がない範囲でなるべく反射点 50d の直下近傍の位置に形成することが望ましい。すなわち、冷却管 53 からの輻射を利用してミラー 50 を冷却するため、冷却管 53 から反射点 50d までの距離がなるべく小さい方が冷却効率が向上する。本実施の形態 1 においては、光学部材がミラー 50 であるため、貫通孔 52 を反射点 50d の直下近傍に形成しても照明光 2a の光路を遮ることはない。しかし、光学部材がレンズの場合は照明光 2a がレンズ中を透過するため、入射面における照明光 2a の入射領域、レンズ基材中を透過する照明光 2a の透光領域、出射面における照明光 2a の出射領域を避けるようにして貫通孔を形成する必要がある。そのように考慮して貫通孔を形成する限り、本発明をレンズに適用することも可能となる。

40

【0059】

また、本実施の形態 1 においては、ミラー 50 の冷却に冷却管 53 を用いているが、もちろん冷却管の代わりに図示しない輻射板を用いてもよい。その際、冷媒 54 によって冷却される輻射板を貫通孔 52 に貫通させるように構成する。冷媒 54 は、輻射板とともに貫通孔 52 を貫通して通過するように構成してもよいし、貫通孔 52 以外の部分において冷媒 54 が輻射板に接触して輻射板を冷却するように構成してもよい。冷媒 54 が貫通孔を通過しない場合であっても、輻射板の伝熱により貫通孔 52 内の輻射板が冷却され、その結果ミラー 50 が冷却されることとなる。

50

【 0 0 6 0 】

次に、図 6 及び図 7 を参照して、上述の露光装置 1 0 0 を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図 6 は、デバイス（ＩＣやＬＳＩなどの半導体チップ、ＬＣＤ、ＣＣＤ等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1 0 1（回路設計）ではデバイスの回路設計を行う。ステップ 1 0 2（レチクル製作）では、設計した回路パターンを形成したレチクルを製作する。ステップ 1 0 3（ウェハ製造）ではシリコンなどの材料を用いてウェハ（被処理体）を製造する。ステップ 1 0 4（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、レチクルとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ 1 0 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 1 0 4 によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 1 0 6（検査）では、ステップ 1 0 5 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 1 0 7）される。

10

【 0 0 6 1 】

図 7 は、ステップ 1 0 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ 1 1 1（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップ 1 1 2（ＣＶＤ）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 1 3（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ 1 1 4（イオン打ち込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ 1 1 5（レジスト処理）ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ 1 1 6（露光）では、露光装置 1 0 0 によってレチクルの回路パターンをウェハに露光する。ステップ 1 1 7（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ 1 1 8（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 1 1 9（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施の形態の製造方法によれば従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。

20

【 0 0 6 2 】

〔 実施の形態 2 〕

本発明の実施の形態 2 に係る光学部材としてのミラー及びその冷却方法について図 8、図 9 を用いて説明する。なお、実施の形態 1 において説明した構成と同様のものについては同様の符号を付し、その説明を省略する。

30

【 0 0 6 3 】

ミラー 7 0 もミラー 5 0 と同様、光源ミラー 2 B としても、照明光学系 7 のミラー 5 a ~ 5 d や投影光学系 1 0 のミラー 7 a ~ 7 e としても適用可能である。このミラー 7 0 の基材 7 1 には複数の貫通孔 7 2 , 7 3 , 7 4 が形成されている。この実施の形態 2 においては、貫通孔 7 2 ~ 7 4 は側面 7 0 c に形成されている。すなわち、照明光 2 a が反射する反射面 7 0 a（入出射面である。）とその反射面 7 0 a に対向する対向面としての背面 7 0 b とに挟まれた円筒状の周囲面を側面 7 0 c とした場合に、この貫通孔 7 2 ~ 7 4 の出入口は側面 7 0 c に形成されている。

40

【 0 0 6 4 】

この貫通孔 7 2 ~ 7 4 は、照明光 2 a の光路を遮らないように形成されている。例えば、本実施の形態 2 においては、貫通孔 7 2 は反射面 7 0 a における照明光 2 a の反射点 7 0 d を避け、その出入口が側面 7 0 c に形成されている。したがって、貫通孔 7 2 ~ 7 4 の形成が照明光 2 a の光路に悪影響を与えることはない。

【 0 0 6 5 】

また、貫通孔 7 3 は、図 8（b）に示すように反射面 7 0 a への悪影響がない範囲でなるべく反射点 7 0 d の直下近傍の位置に形成されており、貫通孔 7 2 , 7 4 は貫通孔 7 3 の近傍であって左右に隣接するように形成されている。なお、本実施の形態 2 においては、3 本の貫通孔 7 2 ~ 7 4 が形成されている例を説明しているが、もちろん貫通孔の本数は、種々のパラメータや冷却能力、必要性能等、必要に応じて増減される。

50

【 0 0 6 6 】

貫通孔 7 2 ~ 7 4 には、それぞれ冷却管 7 2 a ~ 7 4 a が貫通されている。この冷却管 7 2 a ~ 7 4 a 内部には、ミラー 7 0 を冷却するための冷媒 5 4 が循環されている。冷媒 5 4 は、例えば液体状の冷却水・冷却液であってもよいし、気体状の冷媒ガスを用いてもよい。冷却管 7 2 a ~ 7 4 a は、図 8 (b) に示すようにミラー 5 0 に非接触とされている。したがって、冷却管 7 5 ~ 7 7 内を冷媒 5 4 が循環する際の振動等の悪影響がミラー 7 0 に伝達することはない。

【 0 0 6 7 】

図 9 は、このミラー 5 0 を冷却する冷却装置の概略構成を示すブロック図である。この冷却装置 6 0 は、冷却管 7 2 a ~ 7 4 a、循環器 6 1、第 1 の温度検出部としてのミラー 10 温度計 6 2、第 2 の温度検出部としての冷媒温度計 6 3、冷媒 5 4 の温度を制御する温度調整部 6 4 を有して大略構成されている。また、温度調整部 6 4 には、露光装置 1 0 0 の制御部 1 0 1 が接続され、露光装置 1 0 0 の露光制御情報、光量制御情報を受け取ることができるように構成されている。循環器 6 1 及び温度調整部 6 4 には複数の冷却管 7 2 a ~ 7 4 a が接続されており、冷媒温度計 6 3 がそれぞれの冷却管 7 2 a ~ 7 4 a を循環する冷媒 5 4 の温度を計測することができるように構成されているが、その他の構成及び機能は上記実施の形態 1 の場合と同様である。

【 0 0 6 8 】

このようにミラー 7 0 及び冷却装置 6 0 を構成したうえで、冷却管 7 2 a ~ 7 4 a 内の冷媒 5 4 を循環器 6 1 によって循環させてミラー 7 0 を冷却すると、上記実施の形態 1 の場合よりもさらに効率よくミラー 7 0 を冷却することができる。例えば、反射点 7 0 d における温度上昇を 1 ~ 2 程度に低減することができる。

【 0 0 6 9 】

なお、本実施の形態 2 においては冷却管 7 2 a ~ 7 4 a からの輻射を利用してミラー 7 0 を冷却するため、冷却管から反射点 7 0 d までの距離がなるべく小さい方が冷却効率を向上させることができる。

【 0 0 7 0 】

[実施の形態 3]

本発明の実施の形態 3 に係る光学部材としてのミラー及びその冷却方法について図 1 0、図 1 1 を用いて説明する。なお、実施の形態 1 において説明した構成と同様のものについては同様の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 7 1 】

ミラー 8 0 もミラー 5 0 と同様、光源ミラー 2 B としても、照明光学系 7 のミラー 5 a ~ 5 d や投影光学系 1 0 のミラー 7 a ~ 7 e としても適用可能である。このミラー 8 0 の基材 8 1 には複数の貫通孔 8 2, 8 3, 8 4, 8 5 が形成されている。この実施の形態 3 においては、貫通孔 8 2 ~ 8 5 は反射面 8 0 a に形成されている。すなわち、貫通孔 8 2 ~ 8 5 は、反射面 8 0 a から背面 8 0 b にかけてこのミラー 8 0 を貫通しており、反射面 8 0 a 及び背面 8 0 b に貫通孔 8 2 ~ 8 5 の出入口が形成されている。

【 0 0 7 2 】

図 1 0 に示すように、この貫通孔 8 2 ~ 8 5 の出入口は、照明光 2 a の光路を遮らないように形成されている。貫通孔 8 2 は反射面 8 0 a における照明光 2 a の反射点 8 0 d を避けるように、反射点 8 0 d の周囲近傍に形成されている。したがって、貫通孔 7 2 ~ 7 4 の形成が照明光 2 a の光路に悪影響を与えることはない。なお、本実施の形態 3 においては、4 本の貫通孔 8 2 ~ 8 5 が形成されている例を説明しているが、もちろん貫通孔の本数は、種々のパラメータや冷却能力、必要性能等、必要に応じて増減される。

【 0 0 7 3 】

貫通孔 8 2 ~ 8 5 には、それぞれ冷却管 8 2 a ~ 8 5 a が貫通されている。この冷却管 8 2 a ~ 8 5 a 内部には、ミラー 8 0 を冷却するための冷媒 5 4 が循環されている。冷媒 5 4 は、例えば液体状の冷却水・冷却液であってもよいし、気体状の冷媒ガスを用いてもよい。冷却管 8 2 a ~ 8 5 a は、ミラー 8 0 に非接触とされている。したがって、冷却管

10

20

30

40

50

８２ａ～８５ａ内を冷媒５４が循環する際の振動等の悪影響がミラー８０に伝達することはない。

【００７４】

図１１は、このミラー８０を冷却する冷却装置の概略構成を示すブロック図である。この冷却装置６０は、冷却管８２ａ～８５ａ、循環器６１、第１の温度検出部としてのミラー温度計６２、第２の温度検出部としての冷媒温度計６３、冷媒５４の温度を制御する温度調整部６４を有して大略構成されている。また、温度調整部６４には、露光装置１００の制御部１０１が接続され、露光装置１００の露光制御情報、光量制御情報を受け取ることができるように構成されている。循環器６１及び温度調整部６４には複数の冷却管８２

10

【００７５】

このようにミラー８０及び冷却装置６０を構成したうえで、冷却管８２ａ～８５ａ内の冷媒５４を循環器６１によって循環させてミラー８０を冷却すると、上記実施の形態１の場合よりもさらに効率よくミラー８０を冷却することができる。例えば、反射点８０ｄにおける温度上昇を１～２程度に低減することができる。

【００７６】

なお、本実施の形態２においては冷却管８２ａ～８５ａからの輻射を利用してミラー８０を冷却するため、冷却管から反射点８０ｄまでの距離がなるべく小さい方が冷却効率

20

【００７７】

[実施の形態４]

本発明の実施の形態４に係る光学部材としてのミラー５０及びその冷却方法について図１３、図１４を用いて説明する。この実施の形態４においては、投影光学系７のミラーの７ａ～７ｅ及び照明光学系５のミラー５ａ～５ｄの照明光２ａの反射部近傍のミラー基材に、図１３に示すように非貫通穴又は凹凸溝としての溝状の切り欠き２６を設ける。この切り欠き２６は、ミラー５０の側面から側面に渡って形成されている。この切り欠き２６の溝部分に、内部に冷媒５４を流すための冷却管５３を、ミラー基材に非接触に通す。

30

【００７８】

冷却管５３に冷媒５４を流した状態でのミラー表面温度分布は、実施の形態１の場合と同様に図５に示すようになる。照明光２ａに照明される領域であって最も発熱の大きい部分である反射点５０ｄは、この冷却がない場合は１０～２０程度温度上昇する。しかし、ミラー５０にこの実施の形態４の冷却を行った場合は、図に示すように反射点５０ｄの温度上昇を１～４程度に低減することができる。したがって、反射点５０ｄにおける温度上昇によるミラー反射面５０ａの変位量を２ｎｍ以下に低減することができる。

【００７９】

この実施の形態４における冷媒２４の温調は、上記実施の形態１の場合と同様の方法にて行われる。すなわち、図４に示すような冷却装置６０に対して図１４に示すミラー５０

40

【００８０】

[実施の形態５]

本発明の実施の形態５に係る光学部材としてのミラー５０及びその冷却方法について図１５、図１６を用いて説明する。この実施の形態５においては、投影光学系７のミラーの７ａ～７ｅ及び照明光学系５のミラー５ａ～５ｄの照明光２ａの反射部近傍のミラー基材に、図１５に示すように部分的に溝状とされた切り欠き２７を設ける。この切り欠き２７

50

は、ミラー 50 における照明光 2 a の反射部の直下付近の底面に部分的に形成されている。この切り欠き 27 の溝部分に、内部に冷媒 54 を流すための冷却管 53 を、ミラー基材に非接触に通す。

【0081】

冷却管 53 に冷媒 54 を流した状態でのミラー表面温度分布は、実施の形態 1 の場合と同様に図 5 に示すようになる。照明光 2 a に照明される領域であって最も発熱の大きい部分である反射点 50 d は、この冷却がない場合は 10 ~ 20 程度温度上昇する。しかし、ミラー 50 にこの実施の形態 4 の冷却を行った場合は、図に示すように反射点 50 d の温度上昇を 1 ~ 4 程度に低減することができる。したがって、反射点 50 d における温度上昇によるミラー反射面 50 a の変位量を 2 nm 以下に低減することができる。

10

【0082】

この実施の形態 5 における冷媒 24 の温調は、上記実施の形態 1 の場合と同様の方法にて行われる。すなわち、図 4 に示すような冷却装置 60 に対して図 16 に示すミラー 50 を適用し、冷却管 53 内に冷媒 54 を循環させる。温度調整部 64 により目標温度に調整された冷媒 54 は、冷却管 53 内を流れてミラー 50 の基材に設けられた切り欠き 26 の溝部分を通過する。冷却管 53 とミラー 50 の基材とは非接触であるため、両者の温度差に基づいてミラー 50 が輻射冷却される。

【0083】

[他の実施の形態]

本発明の他の実施の形態について図 17 ~ 図 19 を用いて説明する。図 17 においては、図 3 に示したものと同様の貫通孔 52 がミラー 50 に形成されている。また、図 18 においては、図 13 に示したものと同様の溝状の切り欠き 26 がミラー 50 に形成されている。さらに、図 19 においては、図 15 に示したものと同様の部分的に溝状とされた切り欠き 27 がミラー 50 に形成されている。

20

【0084】

これらの図 17 ~ 図 19 に示すものでは、貫通孔 52、切り欠き 26、切り欠き 27 のそれぞれの接触面 42 において冷却管 53 がそれぞれミラー 50 の基材に接触するように通されている。これにより、冷却管 53 がミラー 50 の基材に非接触とされた図 3、図 13、図 15 に示すものよりさらに冷却効率が向上する。したがって、これら図 17 ~ 図 19 に示すものにおいては反射面における照明光 2 a の反射点付近（図 5 に示す露光光反射エリア高温部位に相当する部分）での温度上昇を 0 ~ 0.5 程度とすることが可能である。

30

【0085】

これらの他の実施の形態における冷媒 24 の温調も、上記実施の形態 1 の場合と同様の方法にて行われる。ただし、接触状態の冷却管 53 を実装するに際しては、非接触状態のものに比べて冷却管 53 からの歪みの影響がミラー 50 に伝達され易くなるため、特に冷却管 53 の支持においてはミラー 50 に歪みを与えないように弾性部材（不図示）等を利用して支持するのが望ましい。

【0086】

[さらに別の実施の形態]

本発明のさらに別の実施の形態について図 20 ~ 図 22 を用いて説明する。図 20 においては、図 3 に示したものと同様の貫通孔 52 がミラー 50 に形成されている。また、図 21 においては、図 13 に示したものと同様の溝状の切り欠き 26 がミラー 50 に形成されている。さらに、図 22 においては、図 15 に示したものと同様の部分的に溝状とされた切り欠き 27 がミラー 50 に形成されている。

40

【0087】

これらの実施の形態では、冷却管をミラー基材の貫通孔や切り欠きに通すのではなく、冷媒 54 を貫通孔 52、切り欠き 26 の溝部分、切り欠き 27 の溝部分に直接流すように構成している。したがって、冷媒 54 がミラー 50 の基材に直接接触することとなる。図 21 及び図 22 に示す切り欠き 26、27 においては、冷媒 54 が漏れないようにそれぞ

50

れカバー 44, 46 によってミラー 50 の底面を封止している。

【0088】

これにより、冷却管 53 がミラー 50 の基材に非接触とされた図 3、図 13、図 15 に示すものよりこれらさらに別の実施の形態においてはさらに冷却効率が向上する。したがって、これら図 20 ~ 図 22 に示すものにおいては反射面における照明光 2a の反射点付近（図 5 に示す露光光反射エリア高温部位置に相当する部分）での温度上昇を 0 ~ 0.1

程度とすることが可能である。これらの他の実施の形態における冷媒 24 の温調も、上記実施の形態 1 の場合と同様の方法にて行われる。

【0089】

以上、本発明の好ましい実施の形態を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、その要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0090】

【図 1】本発明に係る光学部材が使用された露光装置の内部構成を示す概略構成図である。

【図 2】図 1 に示す露光装置の照明光源部の構成を示す図であって、(a) はレーザーによって EUV 光が励起発射される様子を示す図であり、(b) はその光源発光部の内部を拡大して示した図である。

【図 3】本発明の実施の形態 1 に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a) はミラーの外観斜視図であり (b) はミラーの側面図である。

【図 4】図 3 に示すミラーを冷却する冷却装置の概略構成を示す構成図である。

【図 5】図 4 に示す冷却装置によって冷却されたミラー表面の温度分布図である。

【図 6】図 1 に示す露光装置によるデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 7】図 6 に示すステップ 104 の詳細なフローチャートである。

【図 8】本発明の実施の形態 2 に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a) はミラーの外観斜視図であり (b) はミラーの側面図である。

【図 9】図 8 に示すミラーを冷却する冷却装置の概略構成を示す構成図である。

【図 10】本発明の実施の形態 3 に係る光学部材としてのミラーの構造を示す外観斜視図である。

【図 11】図 10 に示すミラーを冷却する冷却装置の概略構成を示す構成図である。

【図 12】従来のミラーの反射面における温度分布図である。

【図 13】本発明の実施の形態 4 に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a) はミラーの外観斜視図であり (b) はミラーの側面図である。

【図 14】図 13 に示すミラーに冷媒を循環させて冷却する様子を示す要部斜視図である。

【図 15】本発明の実施の形態 5 に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a) はミラーの外観斜視図であり (b) 及び (c) はミラーの側面図である。

【図 16】図 15 に示すミラーに冷媒を循環させて冷却する様子を示す要部斜視図である。

【図 17】本発明の他の実施の形態の一例に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a) はミラーの外観斜視図であり (b) はミラーの側面図である。

【図 18】本発明の他の実施の形態の別の例に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a) はミラーの外観斜視図であり (b) はミラーの側面図である。

【図 19】本発明の他の実施の形態のさらに別の例に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a) はミラーの外観斜視図であり (b) 及び (c) はミラーの側面図である。

【図 20】本発明のさらに別の実施の形態の一例に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a) はミラーの外観斜視図であり (b) はミラーの側面図である。

【図 21】本発明のさらに別の実施の形態の別の例に係る光学部材としてのミラーの構造

10

20

30

40

50

を示す図であって、(a)はミラーの外観斜視図であり(b)はミラーの側面図である。

【図22】本発明のさらに別の実施の形態のさらに別の例に係る光学部材としてのミラーの構造を示す図であって、(a)はミラーの外観斜視図であり(b)及び(c)はミラーの側面図である。

【符号の説明】

【0091】

1：励起レーザー（照明光源部の一部）

2：光源発光部（照明光源部の一部）

2a：照明光

2B：光源ミラー（反射ミラー、光学部材）

10

5：照明光学系

5a～5d, 7a～7e, 50, 70, 80, 120：ミラー（反射ミラー、光学部材）

6A：レチクル（原版）

7：投影光学系

8A：ウエハ（基板）

26, 27：切り欠き

42：接触面

44, 46：カバー

50a, 70a, 80a：反射面

50b, 70b, 80b：背面

20

50c, 70c, 80c：側面

50d, 70d, 80d：反射点

51, 71, 81：基材

52, 72～74, 82～85：貫通孔

53, 72a～74a, 82a～85a：冷却管

54：冷媒

60：冷却装置

61：循環器

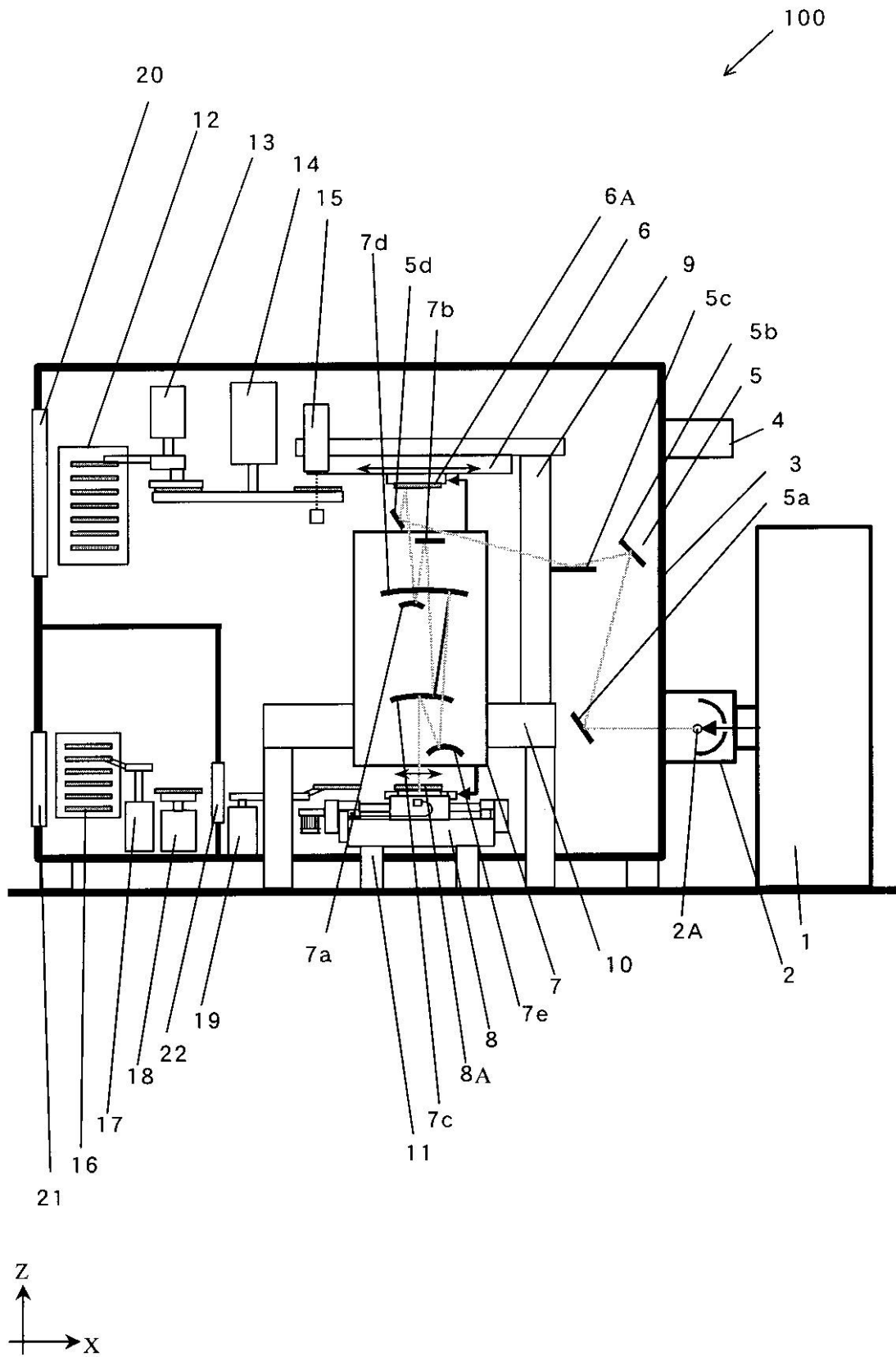
62：ミラー温度計（第1の温度検出部）

63：冷媒温度計（第2の温度検出部）

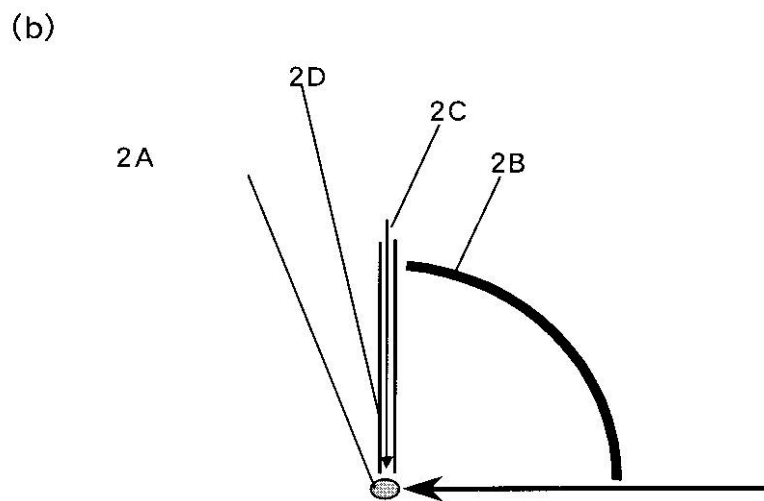
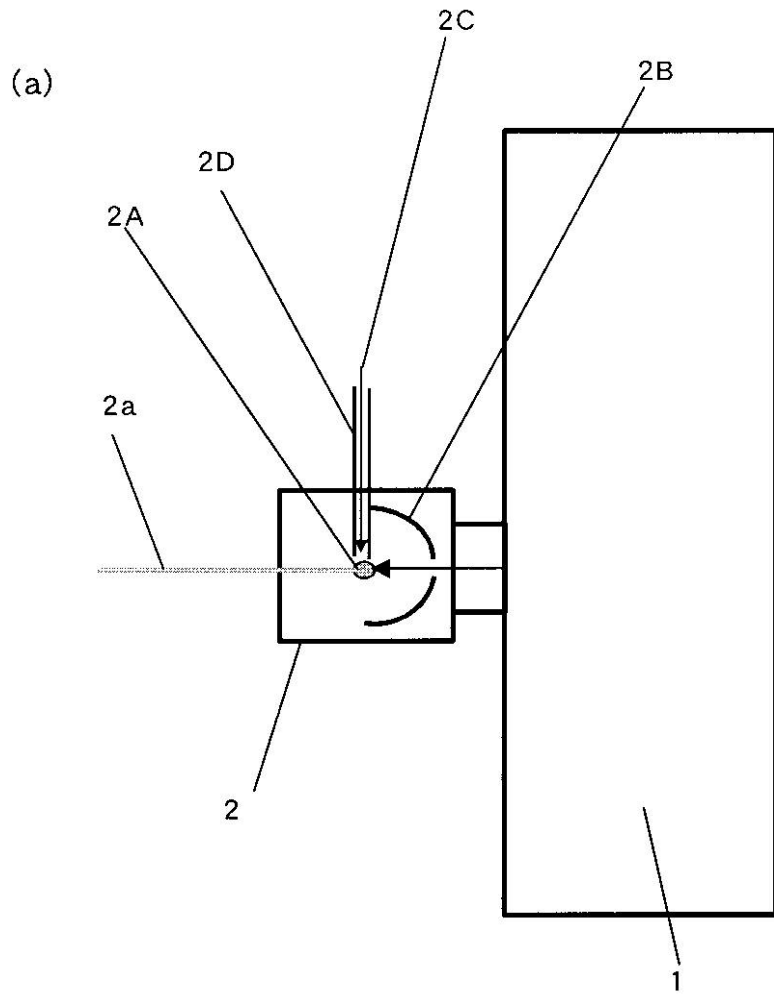
30

64：温度調整部

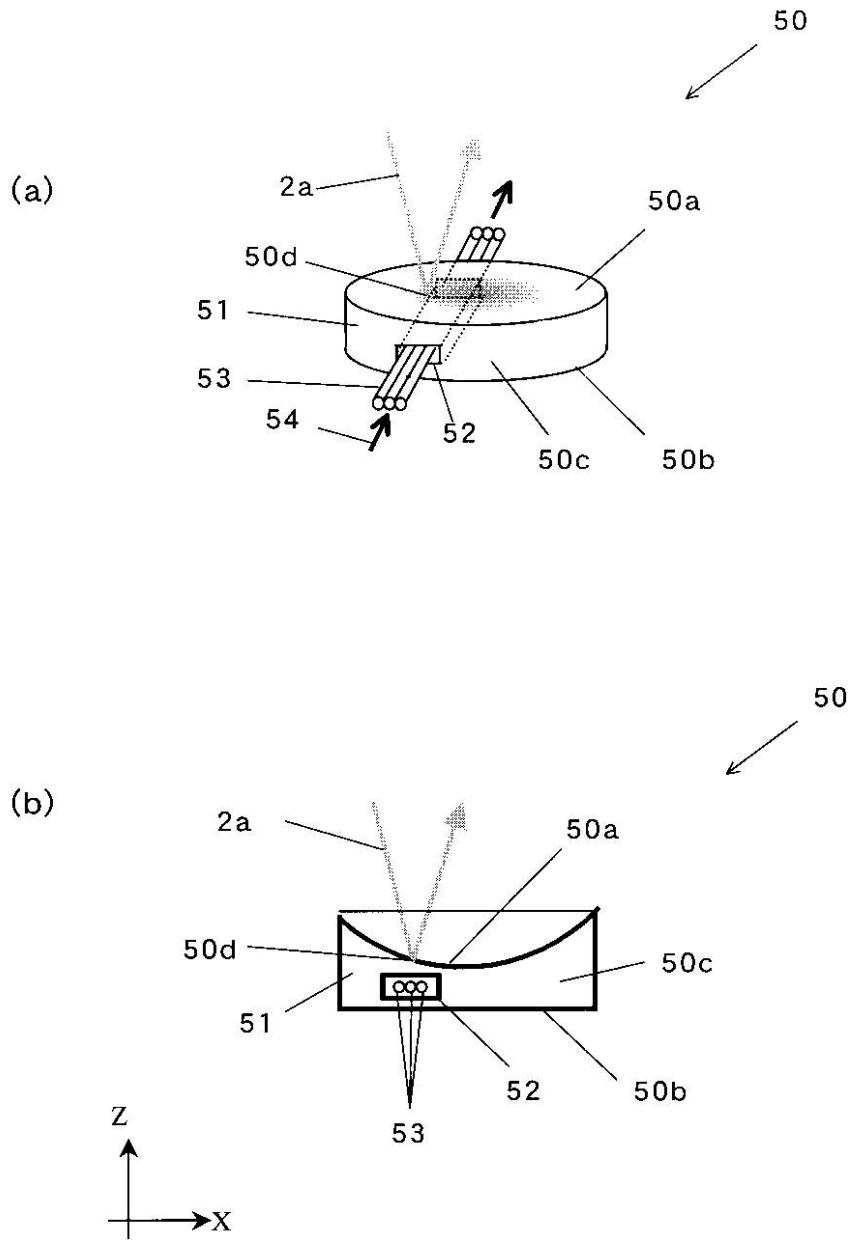
【図 1】



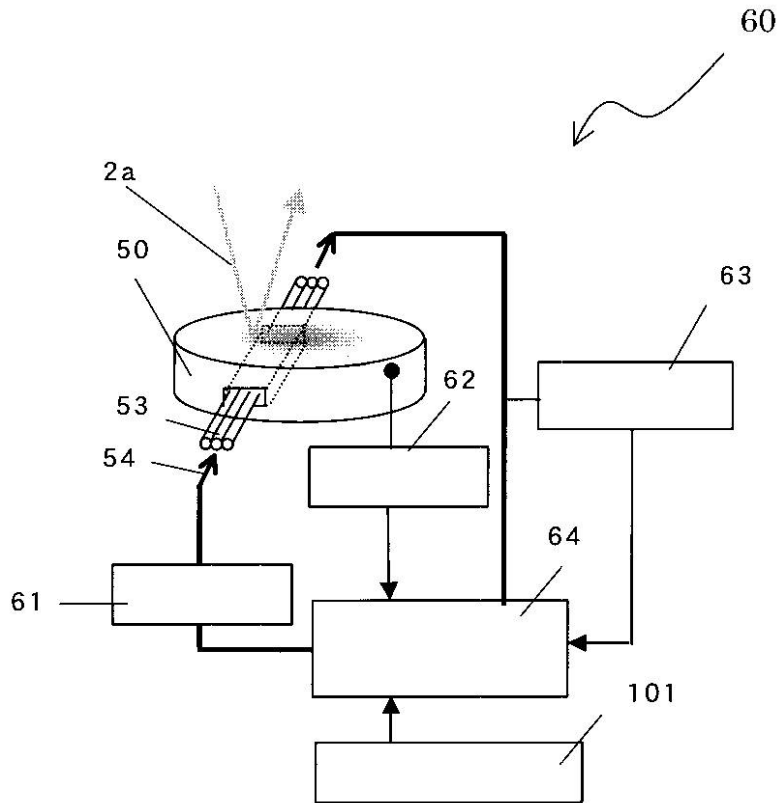
【 図 2 】



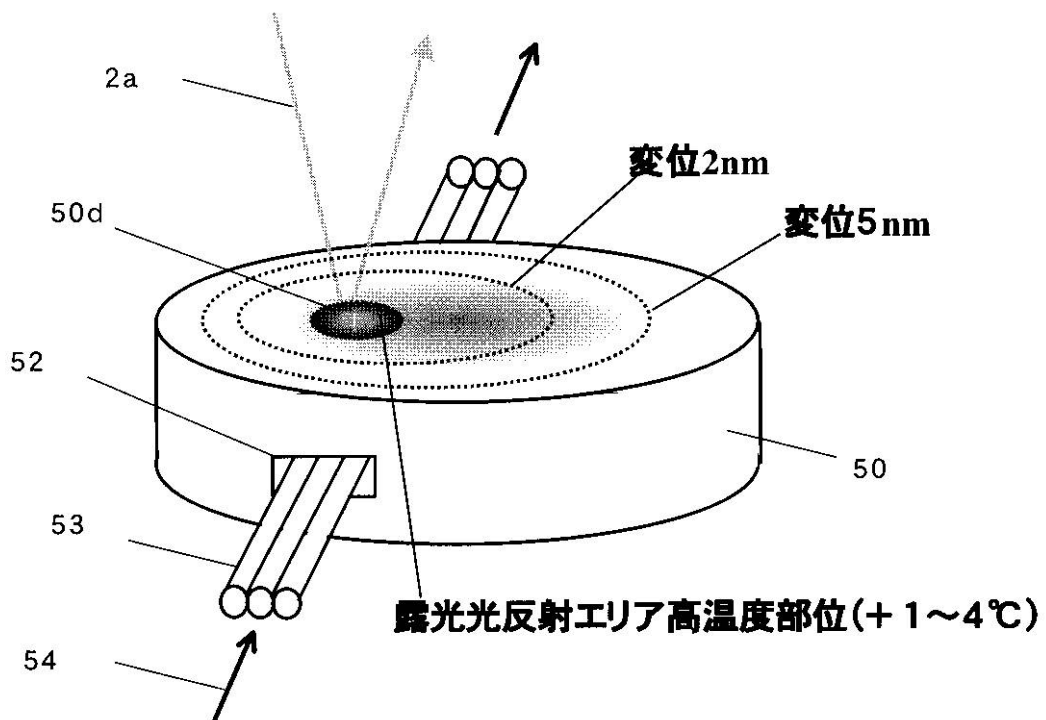
【図 3】



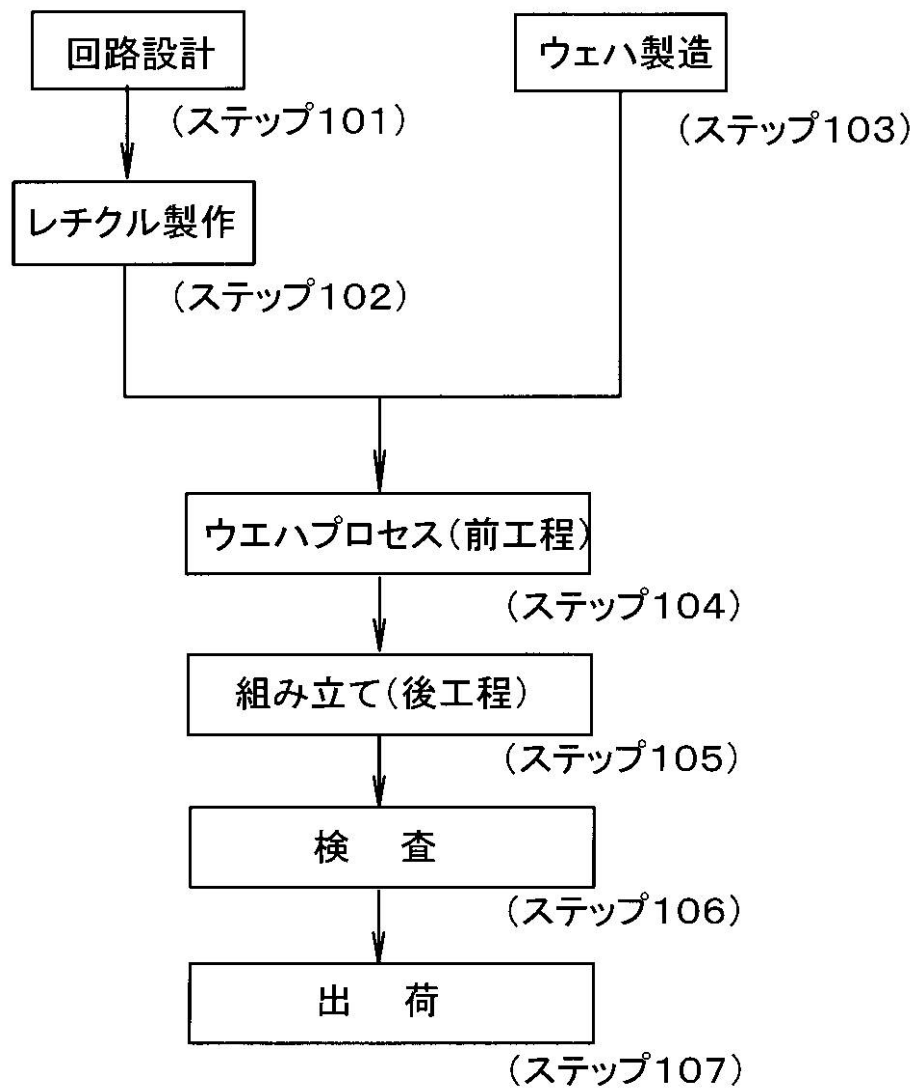
【図4】



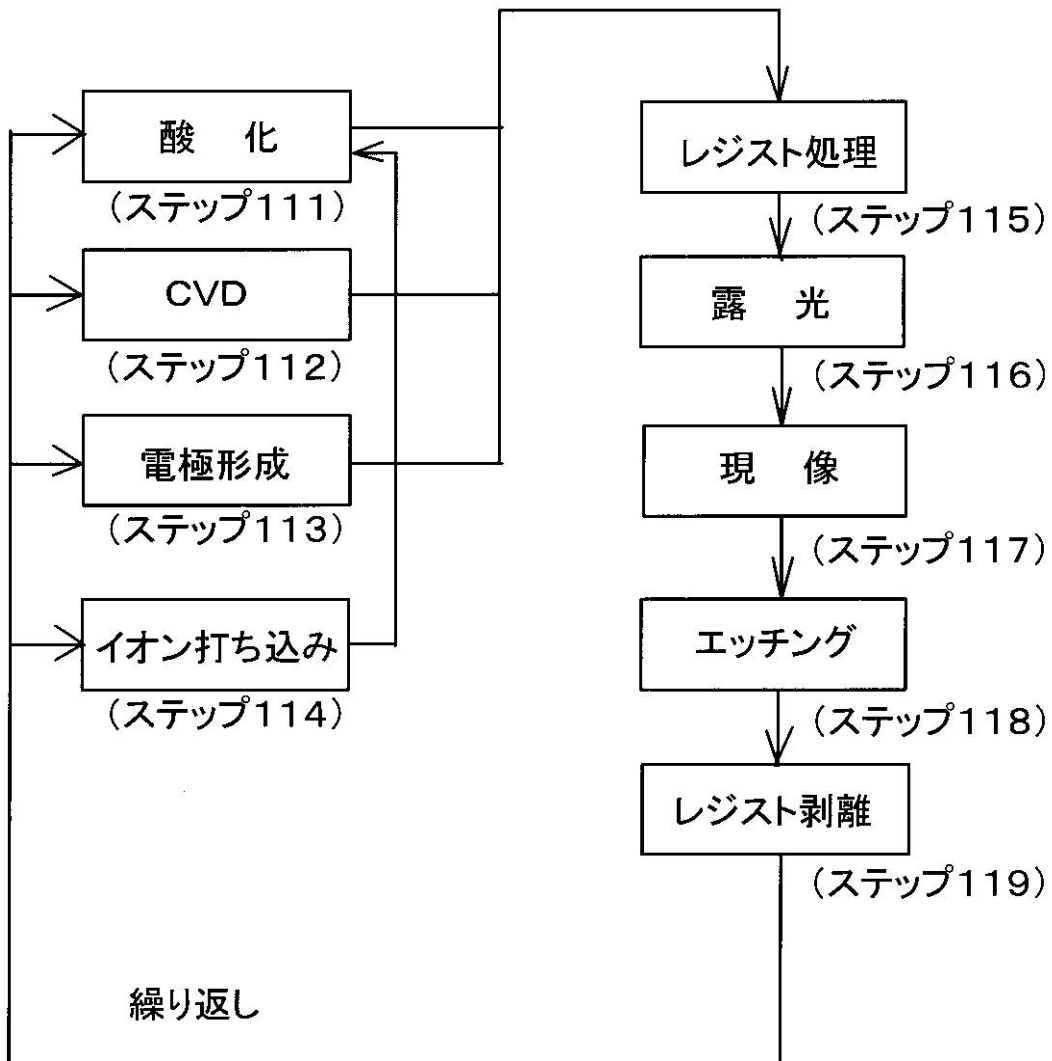
【図5】



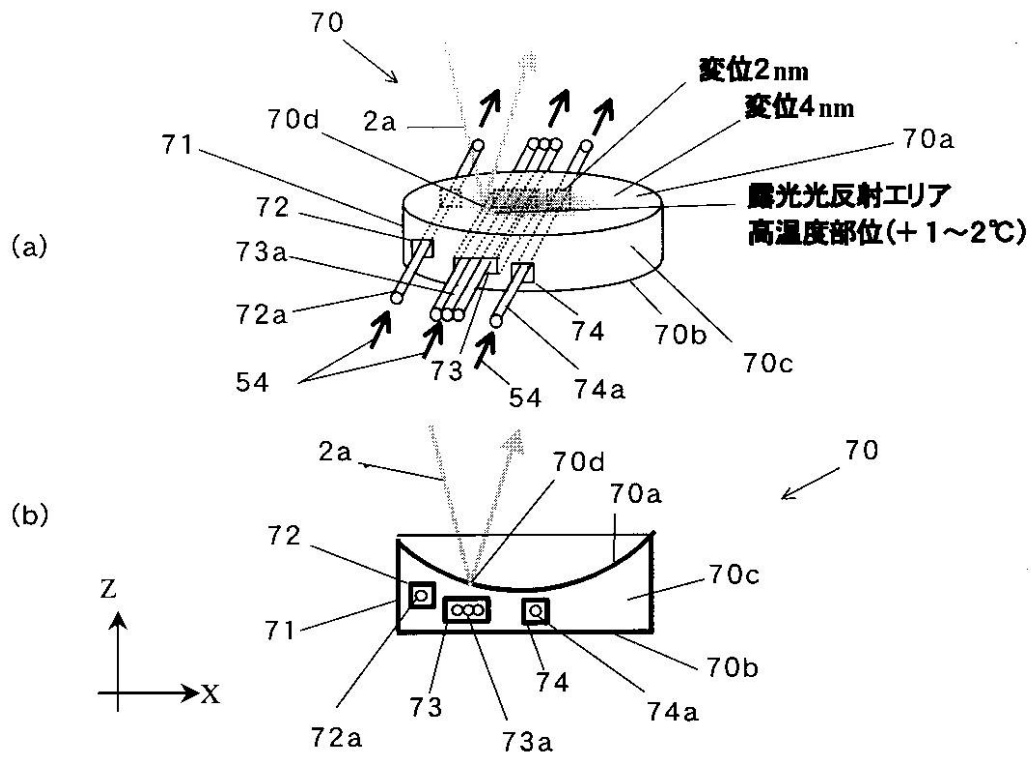
【 図 6 】



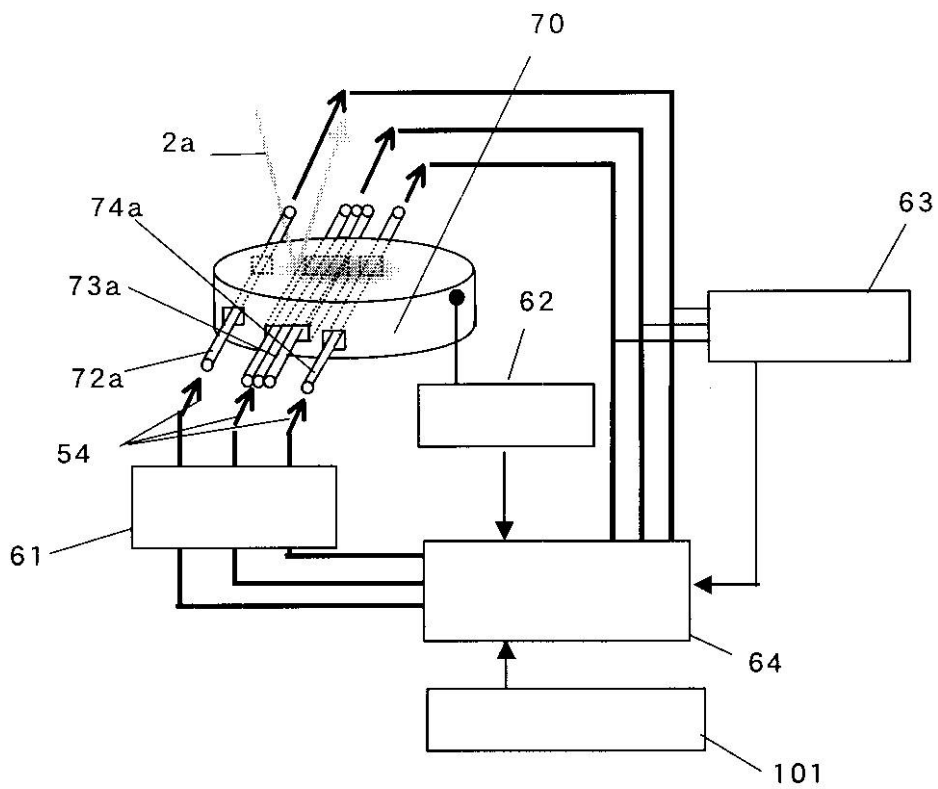
【 図 7 】



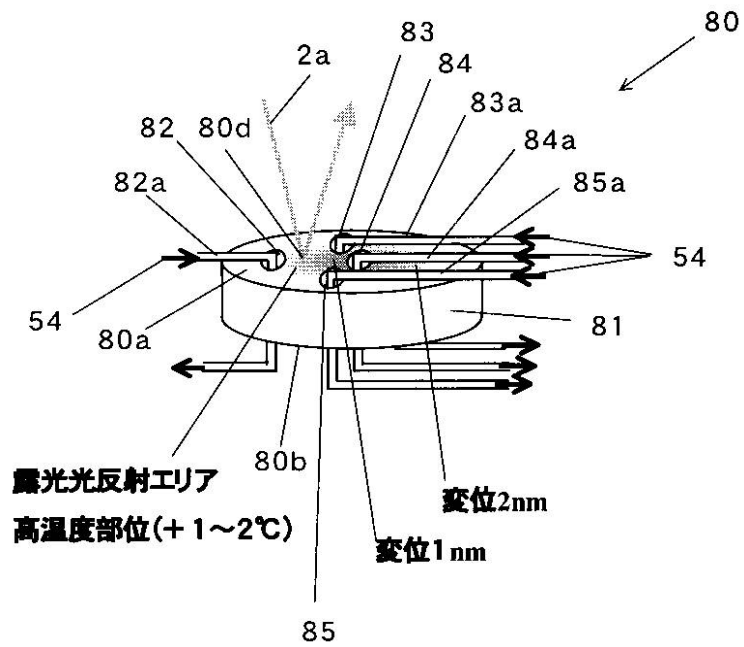
【 図 8 】



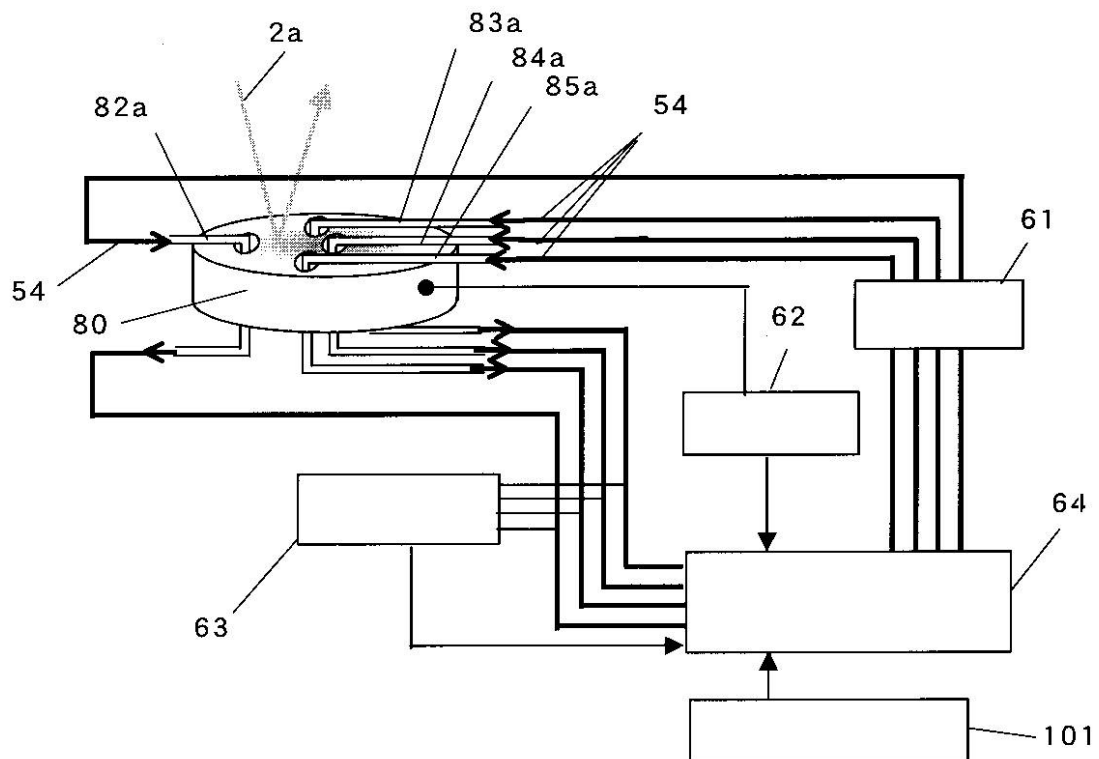
【 図 9 】



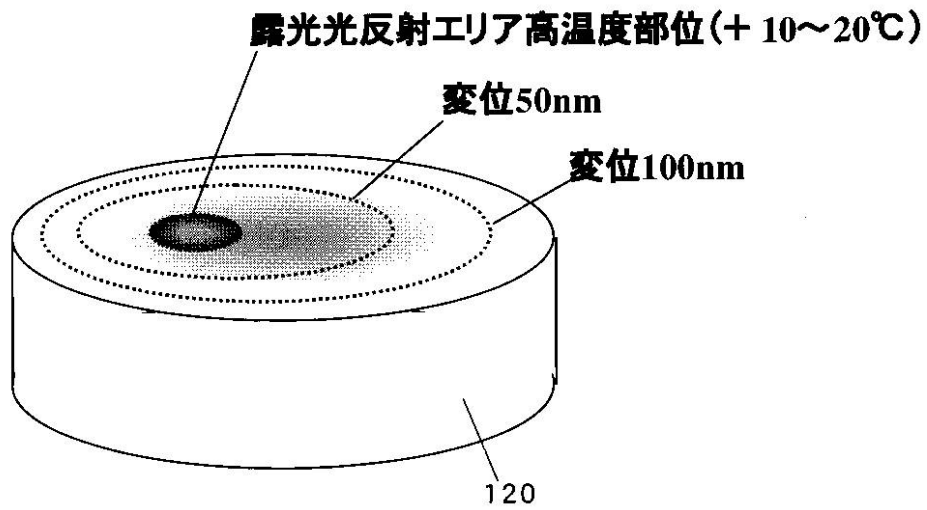
【図10】



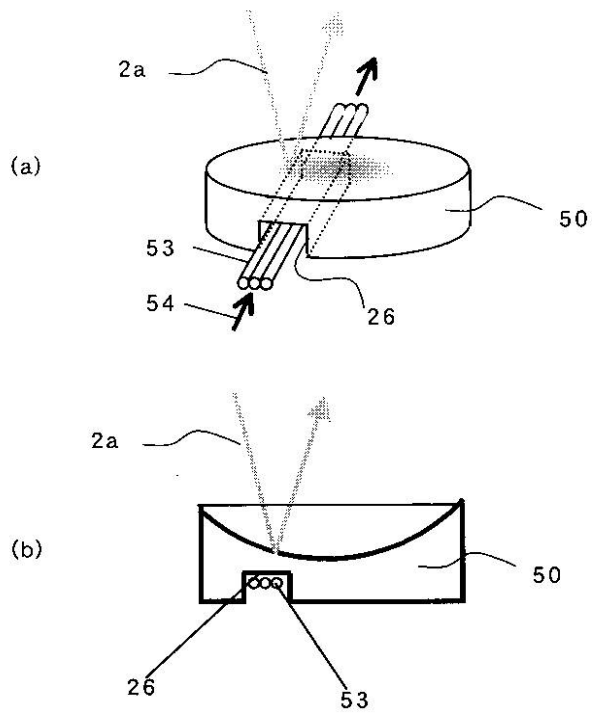
【図11】



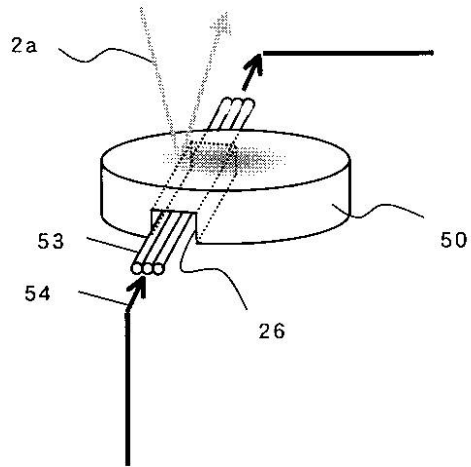
【図 1 2】



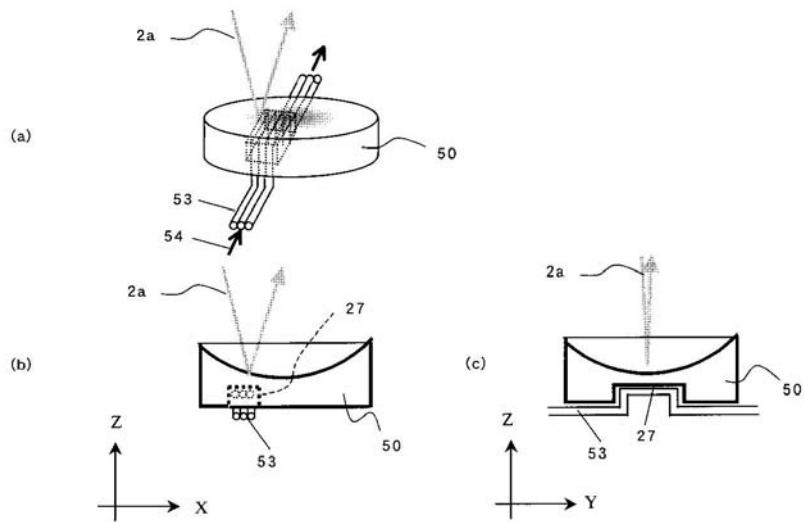
【図 1 3】



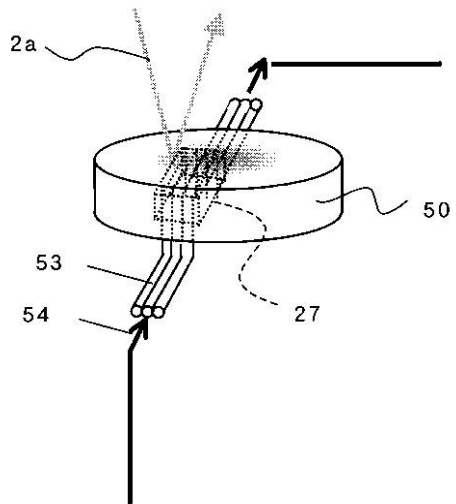
【図 14】



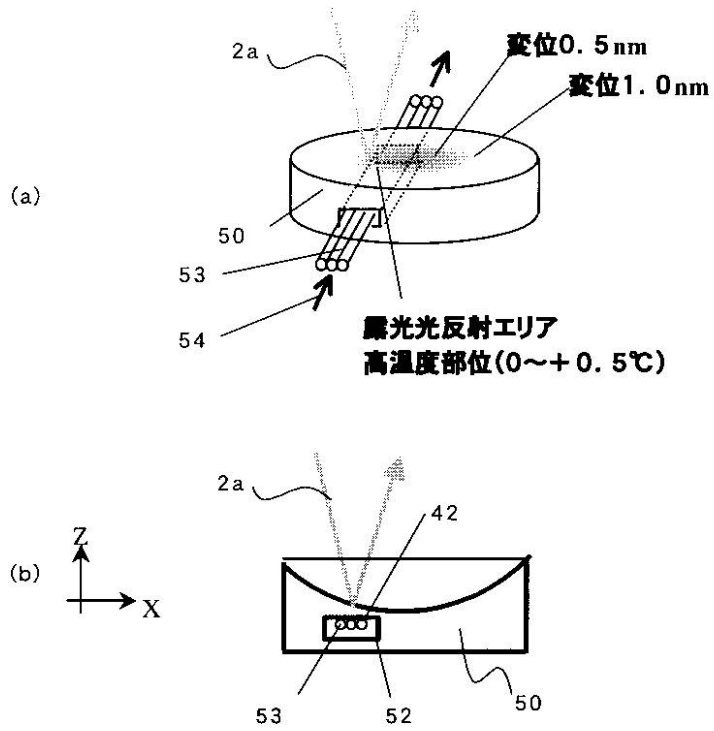
【図 15】



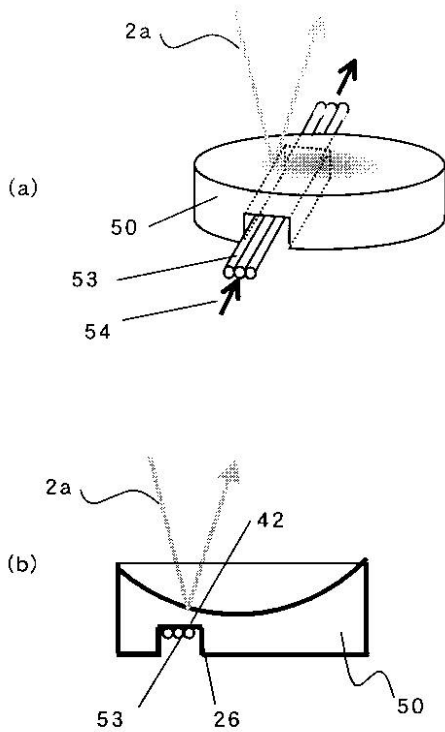
【図 16】



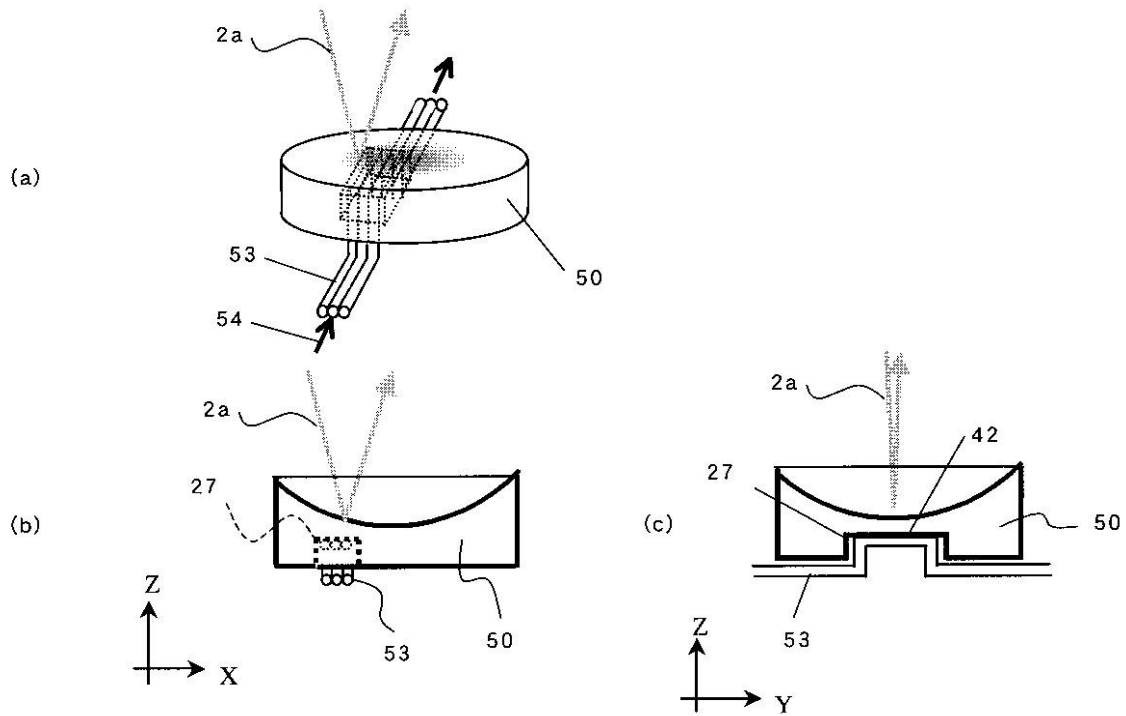
【図 17】



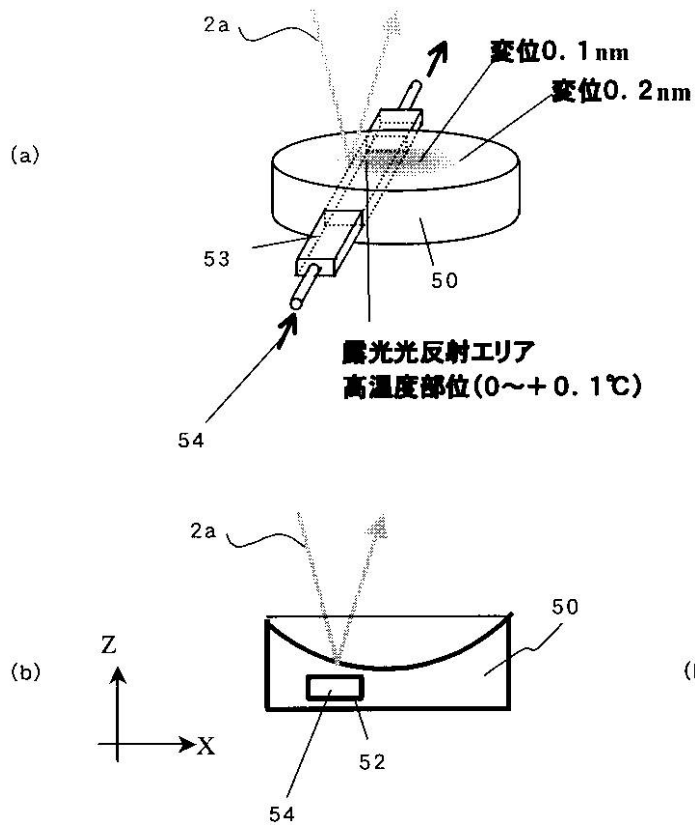
【図 18】



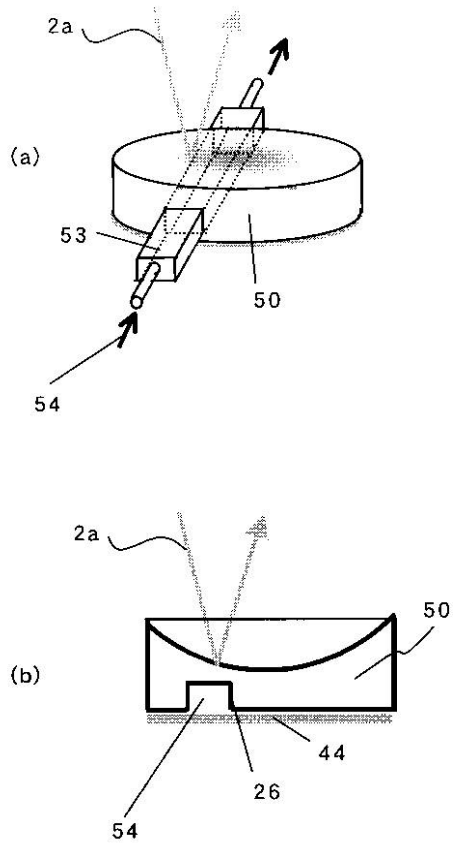
【図 19】



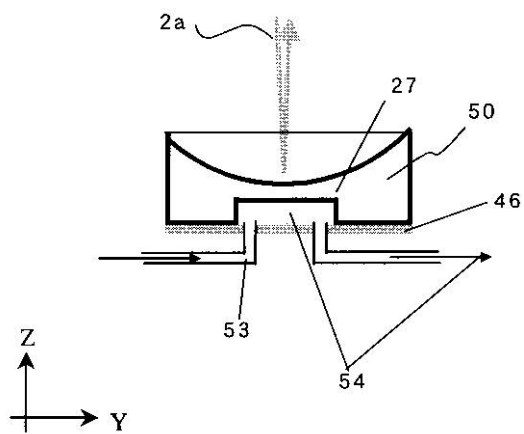
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



フロントページの続き(51)Int.Cl.⁷

G 2 1 K 5/02

F I

G 2 1 K 5/02

X

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

G 0 2 B 7/18

Z

テーマコード(参考)